



Kırşehir İlinde Seralarda Kullanılan Sulama Sularının Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Sedat BOYACI¹, Ömer ERTUĞRUL², Gülden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL³, Derya DURAN GÖKALP⁴

^{1,2,3}Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye. ⁴Kaman İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Kırşehir, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0001-9536-1736>, ²<https://orcid.org/0000-0003-0774-1728>, ³<https://orcid.org/0000-0002-8433-1872>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-1211-5556>

✉: sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

ÖZET

Çalışma, Kırşehir ilinde sera işletmelerinde kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, ilde yer alan 12 sera işletmesinden sulama suyu örnekleri alınmıştır. Ayrıca, 0-30 ve 30-60 cm derinliklerinden üretim dönemi başlangıcı ve sonunda toprak örnekleri alınmıştır. Sulama suyu örneklerinde belirlenen pH değerleri 5.47-8.61, elektriksel iletkenlik (EC) ise 35-1720 dS m⁻¹ arasında değişim göstermektedir. İşletmelerde kullanılan sulama sularının kalsiyum, magnezyum ve potasyum konsantrasyonları bakımından bir sorun oluşturmazken, işletmelerin %75'inin sulama suları yüksek düzeyde sodyum içermektedir. Sulama suyu örneklerinde karbonat iyonu bulunmazken, bikarbonat konsantrasyonları açısından örneklerin 10 tanesi orta sınıfında, 2 tanesinde ise önemsiz bulunmuştur. Klor sınıflamasına göre işletmelerin %91.67'si 1.sınıf ve %8.33'ü ise 3. sınıfa dahil olmuştur. Sülfat konsantrasyonları bakımından %90'ı 1. sınıfa, %10'u 2. sınıfa girmektedir. Sodyum Adsorbsiyon Oranı değerleri bakımından %91.67'si 1. sınıfa, %8.33'ü 2. sınıfta yer almıştır. Kalıcı Sodyum Karbonat değerleri bakımından ise sorun bulunmadığı belirlenmiştir. %Na değerlerine göre sınıflandırıldığında örneklerin %58.33'ü 1. sınıf, %33.33'ü 2. sınıf ve %8.33'ü 4. sınıf olarak belirlenmiştir. Bor konsantrasyonlarının bakımından %83.33'i 1.sınıf, %8.33'u 2. sınıf ve %8.33'ü 4. sınıfta yer almıştır. Yetiştirilen bitkiler dikkate alındığında toprak reaksiyonlarının sebze yetiştiriciliği açısından uygun, EC değerlerine bakıldığında, bazı sera topraklarının hafif ve orta tuzluluk gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, sera işletmelerinde sulama suyu analizlerinin düzenli olarak yapılması ve topraktaki tuzluluk düzeyinin takip edilmesi yetiştiricilik açısından önemli görülmüştür.

Biyosistem Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 25.09.2022

Kabul Tarihi : 17.11.2022

Anahtar Kelimeler

Sulama suyu kalitesi

Kimyasal özellikler

Elektriksel iletkenlik

Sulama sınıfı

Bor

The Evaluation of the Quality Parameters Irrigation Waters Used in Greenhouses of Kırşehir Province

ABSTRACT

The study aimed to determine the quality of irrigation water used in greenhouse enterprises in Kırşehir, Türkiye. For this purpose, irrigation water samples were taken from 12 greenhouses located in the province. In addition, soil samples were taken at the beginning and end of the production period from 0-30 and 30-60 cm depths. The pH values determined in the irrigation water samples varied between 5.47 to 8.61, and the electrical conductivity (EC) varied between 35 to 1720 dS m⁻¹. While the calcium, magnesium and potassium concentrations of the irrigation water used in the enterprises did not pose a problem 75% of the enterprises contain high levels of sodium in their irrigation waters. Besides, despite the fact that there were no carbonate ions in the irrigation water samples, 10 of the samples were in the moderate range and 2 of them were in lower range in terms of bicarbonate concentrations,. According to the chlorine classification, 91.67% of the enterprises were in the 1st class and 8.33% were in the 3rd class. As for sulphate concentrations, 90% were in the 1st class and 10% were in the 2nd class. In terms of Sodium Adsorption Rate values, 91.67% of them were in the 1st class and 8.33% of them were

Biosystems Engineering

Research Article

Article History

Received : 25.09.2022

Accepted : 17.11.2022

Keywords

Irrigation water quality

Chemical properties

Electrical conductivity

Irrigation class

Boron

in the 2nd class. It was determined that there was no problem in terms of permanent sodium carbonate values. When classified according to %Na values, 58.33% of the samples were determined as the 1st class, 33.33% as the 2nd class and 8.33% as the 4th class. In terms of boron concentrations, 83.33% were in the 1st class, 8.33% in the 2nd class and 8.33% in the 4th class. Considering the plants grown, it was determined that the soil reactions were suitable for vegetable cultivation, and when the electrical conductivity values were considered, some greenhouse soils showed low and medium salinity. As a result of the study, regular analyses of irrigation water in greenhouse enterprises and monitoring the salinity level in the soil were considered important in terms of aquaculture.

Atıf Şekli: Boyacı, S., Ertuğrul, Ö., & Özgünaltay Ertuğrul, G., (2023) Kırşehir İlinde Seralarda Kullanılan Sulama Sularının Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (5), 1178-1188. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1180103>

To Cite : Boyacı, S., Ertuğrul, Ö., & Özgünaltay Ertuğrul, G., (2023). The Evaluation of the Quality Parameters Irrigation Waters Used in Greenhouses of Kırşehir Province. *KSU J. Agric Nat* 26(5), 1178-1188. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1180103>

GİRİŞ

Tarımsal üretimde ürün miktarının artırılması, ancak bitki gelişimini etkileyen faktörlerin sağlanmasıyla yapılabilmektedir. Sulama, bitki gelişimini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Doğal koşullarda yağışlar, bitkilerin su ihtiyaçlarının tamamını karşılayamadığı için sulama bitki gelişimi için büyük bir önem teşkil etmektedir. Bu nedenle sulamada kullanılacak sulama suyunun kaliteli olması oldukça önemlidir (Altın & Sönmez, 2020). Sulama ile toprak, su ve bitki arasında iyi ve doğru bir dengenin oluşturulması temel amaçtır. Bu nedenle sulama, bitki gelişmesi için yeterli su koşulunu sağlayan bir işlem olarak tanımlanır. Eğer, toprakta gereğinden fazla miktarda su varsa sulama ile ürün miktarında bir azalma ve daha önemlisi, toprakta tuzluluk, alkalilik ve taban suyu gibi sorunlar meydana gelmektedir (Altan ve ark., 2003). Sulama suyunun kalitesi bitki gelişiminde önemli bir rol oynar. Suyun kalitesi içerdiği tuz ve toksik element miktarına bağlıdır. Tuz içeriği yüksek olan sulama suyu, toprak profilinin çözünebilir tuz içeriğinde ve drenaj sularının tuz yükünde bir artışa sebep olur. Drenaj suyuna ulaşamayan tuzlar toprakta birikir. Tüm bitkiler tuz içeren iyonların en uygun miktarlarına gereksinim duyarlar. Artan tuz miktarı yetiştiriciliği yapılan bitkinin zarar görmesine yol açar (Grismer, 1990). Toprakta tuz birikimi, uygulanan su miktarı ile ilişkilidir ve bitkinin olgunluk evrelerine doğru en yüksek tuz konsantrasyonlarına ulaşır (Tekin ve ark., 2014). Tuzlu sulama sularıyla toprağa iletilen tuzların, çok az miktarını bitkilerin yapılarına almaları nedeniyle zaman içerisinde toprakta tuz birikmektedir. Kış aylarında düşen yağışlarla fazla veya düzenli yıkamaların yapılmadığı topraklar verimliliklerini kaybetmekte ve ekonomik boyutu gittikçe artan iyileştirme uygulamalarının yapılması gerekmektedir (Yurtsever & Güngör, 1990). Tekin (2018a) kış yağışlarının yetersiz olduğu veya yıkama gereksiniminin karşılanmadığı durumda, sulama suyu

ile profile giren tuzun zamanla birikeceği, sulama suyu tuzluluğunun artması ile de toprak tuzluluğunun artacağını bildirmiştir. Seralarda sulama suyu kalitesi ile ilgili çalışmalarda; Sönmez & Kaplan (1996) Kumluca ve Finike yörelerindeki seralarda kullanılan suların kalitelerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, sulama sularının genelde orta veya fazla tuzlu olduğunu ve örneklerin büyük çoğunluğunun SAR (Sodyum Adsorbsiyon Oranı) ve %Na bakımından 1. sınıf olup sorun oluşturmadığını, klor içerikleri bakımından değişkenlik göstermekle birlikte genellikle 1. ve 2. sınıfta yer aldığını, bor ve sülfat içerikleri bakımından 1. ve 2. sınıf sulama suyu kalitesine sahip olduklarını belirlemişlerdir. Sera sulama sularının büyük bir kısmı tuzluluk hariç diğer özellikleri açısından önemli düzeyde sorun olmadığı az sayıdaki sorunlu suların genellikle yörelerin denize en yakın kuyu suları olduğunu bildirmişlerdir. Ayrancı (2006) Muğla-Ortaca yöresindeki seralarda kullanılan yeraltı sulama suyu örneklerinin %76'sının C₂S₁, %24'ünün ise C₃S₁ sınıfına girdiğini bildirmiştir. İncelenen sulama sularının tamamı SAR ve %Na bakımından sorun teşkil etmeyen 1. sınıf sulama sularıdır. Sulama sularında karşılaşılan en önemli sorun kaynağının klorür olduğu saptanmıştır. Ayrıca analiz sonucunda suların 19'unda (%76) sülfat tespit edilmemiştir. Öktüren Asri ve ark. (2010) Antalya-Serik yöresini temsilen seralardan aldıkları sulama suyu örneklerinin %68'inin C₂, %32'sinin C₃ tuzluluk sınıfında olduğu, SAR ve %Na bakımından ise incelenen tüm örneklerin 1. sınıfta yer aldığı ve genel olarak yörede faaliyet gösteren seraların sulama sularında önemli düzeyde sorun olmadığı belirlenmiştir. Sönmez ve Kaplan (2004) Demre yöresindeki sera topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerde genel olarak orta ve fazla tuzlu, sulama sularının ise genel olarak orta tuzlu (C₂) ve fazla tuzlu (C₃) sınıfına girdiğini bildirmektedir. Toprakların tuz içeriklerinde dönemsel farklılıklar olsada sera topraklarının ve sulama sularının büyük bir kısmının

tuzluluk açısından sorun oluşturacak nitelikte olduğu ortaya konulmuştur. Yörede bulunan işletmelerde yetiştiricilikte tuzluluğa dayanıklı bitki çeşitlerinin tercih edilmesi gereklilik olarak görülmekte ve bunun yanı sıra toprak tuzluluğunun izlenerek gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Öktüren Asri ve Sönmez (2009) Antalyanın, Merkez ve Serik ilçelerinde topraksız kültürde domates yetiştirilen seralardaki bitkilerin beslenme durumlarının ve sulama suyu kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada, sulama suyu örneklerinin pH'ları genel olarak nötr ve hafif alkali karakterde olup, tuzluluk bakımından I. ve II sınıf (C₁ ve C₂), sodiklik açısından I. sınıf (S₁), Cl⁻ ve SO₄²⁻ içerikleri bakımından I. sınıf, B içerikleri yönünden de I. ve II. sınıf sulama suları olduğu ve topraksız kültürde yetiştiricilik yapan seraların sulama suyu kalitesi bakımından sorun teşkil etmeyen bölgelerde kurulduğu belirlenmiştir. Sulama suyunun kimyasal bileşenleri, bitki büyümesini doğrudan toksisite veya eksiklik yoluyla yada besinlerin bitki kullanılabilirliğini değiştirerek dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Sulama suyunun kalitesini değerlendirmek amacıyla, bitki büyümesi için önemli olan faktörleri ve bu faktörlerin kabul edilebilir seviyelerini veya konsantrasyonlarının

belirlenmesi gerekir. Sulama suyunun bir laboratuvar tarafından test edilmesi bu süreçteki ilk adımdır. Sonuçların doğru şekilde yorumlanması, su kalitesi sorunlarını düzeltmemize ve/veya ürün kaybını önlemek için gübre ve sulama tekniklerini seçmemize olanak sağlar (Will & Faust, 1999). Bu çalışma, Kırşehir ilindeki seralardan alınan sulama suyu örneklerinin analiz edilerek, ilde sera işletmelerindeki su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, işletmelerde kullanılan sulama sularının kimyasal özellikleri ve sulama suyu kaynaklı sorunlar belirlenerek sorunların çözümüne yönelik öneriler ortaya konulmuştur.

MATERYAL ve METOD

Çalışmada, Kırşehir ilinde seralarda kullanılan sulama sularının kalitelerini belirlemek amacıyla yöreyi temsil eden 10 adet topraklı, 2 adet topraksız olmak üzere toplam 12 işletmeden toprak ve sulama suyu örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri (10 adet) işletmelerden üretim döneminin başlangıcı ve sonunda birer kez, su örnekleri (12 adet) ise üretim döneminde bir kez alınmıştır. İncelenen sera işletmelerine ait bazı genel bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İncelenen sera işletmelerine ait bazı genel bilgiler

Table 1. Some general information about the greenhouses enterprises

Sera no	Üretim şekli	Sera alanı (m ²)	Su kaynağı
Sera 1	Topraklı	1000	Kuyu
Sera 2	Topraklı	1000	Gölet
Sera 3	Topraklı	1000	Kuyu
Sera 4	Topraklı	1000	Kuyu
Sera 5	Topraklı	1000	Baraj gölü
Sera 6	Topraklı	1000	Kuyu
Sera 7	Topraklı	1000	Gölet
Sera 8	Topraklı	2000	Kuyu
Sera 9	Topraklı	800	Kuyu
Sera 10	Topraklı	1008	Kuyu
Sera 11	Topraksız	126000	Kuyu
Sera 12	Topraksız	100000	Kuyu

Çalışma alanında topraklı tarım yapan işletmelerde genel olarak yetiştiricilik dönemleri Mart-Temmuz, Ağustos-Kasım arasında olmak üzere 2 dönem şeklinde gerçekleştirilmektedir. Seralarda domates, hıyar ve biber üretimi yapılmakla birlikte topraklı tarım yapılan seralarda dekara ortalama domateste 3000, hıyarda 3300 ve biberde 4000 adet fide dikilmektedir. Topraksız tarım yapılan seralarda jeotermal enerji kaynağı kullanıldığı için üretim yıl boyunca yapılmakta ve dekara 2700-3600 adet domates fidesi dikilmektedir. İşletmelerde su, baraj gölü, gölet ve kuyulardan olmak üzere farklı kaynaklardan temin edilmektedir. İncelenen işletmelerde kuyu derinlikleri 20-600 metre arasında değişim göstermekte olup su kaynaklarına uzaklık ise

5-7500 m arasında değişmektedir. Topraklı tarım yapan işletmelerin tamamında sulama suyu damla sulama lateralleri ile verilirken, topraksız tarım yapan işletmelerde spagetti borular kullanılmaktadır. Topraklı tarım yapılan işletmelerde drenaj sistemi mevcut olmayıp tıkanan lateralleri açmak için 2 işletmede fosforik asit uygulaması yapılırken, topraksız tarım işletmelerinde ise fosforik asit, hidrojen peroksit, sodyum hidroksit gibi uygulamalar yapılmaktadır. Ayrıca, topraklı tarım yapılan işletmelerde su ve toprak analizleri yapılmadığı, topraksız tarım yapılan seralarda ise sulama suyu analizlerinin düzenli olarak yapıldığı belirlenmiştir.

İşletmelerden alınıp laboratuvara getirilen 0-30 ve 30-60 cm'lik toprak derinliklerden alınan toprak

örnekleri, hava kuru hale getirildikten sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek analiz için hazırlanmıştır. Toprakların pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 1:1 toprak/su çözeltilerinde pH ve EC metre ile ölçülmüştür (Rhoades ve ark., 1999). Çalışmada işletmelerden alınan 12 adet sulama suyu örneği Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Merkez laboratuvarında analiz edilmiştir. Analiz edilen örneklerin pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri (Eutech PC 700) ile, Mg²⁺, Na⁺, K⁺: AAS direkt okuma (Agilent 240 AA Atomik Absorpsiyon Spektrometresi), Ca²⁺: Flame fotometre direkt okuma (JENWAY / PFP7 Flame Photometer), (CO₃²⁻, HCO₃⁻), Sülfürik asit titrasyonu (USSL, 1954), Cl: Mohr metodu (Gümüş nitrat titrasyonu) (USSL, 1954), SO₄²⁻: Baryum klorür metodu (Eltan, 1998) (Spektrofotometrik) (Thermo Scientific™ GENESYS™ 10S UV-Vis

Spectrophotometer), B: Azomethine-H yöntemiyle (Thermo Scientific™ GENESYS™ 10S UV-Vis Spectrophotometer) belirlenmiştir. Elde edilen verilerden %Na (Christiansen ve ark., 1977), kalıcı sodyum karbonat değeri (RSC) (Eaton, 1950), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) (USSL, 1954) ve geçirgenlik göstergesi (GG) (Doneen & Wenderson, 1960) değerleri hesaplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sera Topraklarının pH ve EC değerleri

Çalışmada, Kırşehir ilinde belirlenen 10 adet topraklı tarım serasından 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliklerinden alınan toprak örneklerinin pH ve EC değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İncelenen sera topraklarının pH ve EC değerleri

Table 2. Soil pH and EC values of the greenhouses

Sera no	Derinlik (cm)	Üretim dönemi başlangıcı		Üretim dönemi sonu	
		EC (dS m ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)	pH
Sera 1	0-30	1.53	7.39	1.17	7.43
	30-60	2.34	7.30	0.43	7.80
Sera 2	0-30	1.03	7.85	1.26	7.69
	30-60	0.87	7.97	1.28	7.70
Sera 3	0-30	2.90	7.65	1.30	7.73
	30-60	3.19	7.61	5.44	7.47
Sera 4	0-30	1.24	7.95	2.94	7.48
	30-60	1.22	7.94	1.98	7.73
Sera 5	0-30	4.88	7.56	3.70	7.53
	30-60	4.89	7.51	4.56	7.49
Sera 6	0-30	1.22	8.00	1.93	7.49
	30-60	1.67	7.77	1.79	7.60
Sera 7	0-30	1.66	7.96	1.58	7.88
	30-60	2.07	7.91	1.24	7.95
Sera 8	0-30	1.86	7.77	0.82	7.94
	30-60	1.11	7.90	1.95	7.65
Sera 9	0-30	0.94	7.56	1.21	7.66
	30-60	1.47	7.96	0.93	7.75
Sera 10	0-30	0.93	8.05	1.30	7.76
	30-60	0.96	8.20	0.82	8.09

Toprakların üretim dönemi başlangıcı toprakların 0-30 ve 30-60 cm derinlikleri için pH değerleri sırasıyla 7.39-8.05 ile 7.30-8.20 aralığında değişim göstermiştir. Topraklar sınıflandırıldığında üretim dönemi başlangıcında her iki toprak derinliği için seraların %90'ının hafif alkalın, %10'unun nötr reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. Üretim dönemi sonu bu dağılım, 0-30 ve 30-60 cm toprak derinlikleri için sırasıyla 7.43-7.94 ve 7.47-8.09 arasında değişim göstermiştir. Buna göre, toprakların 0-30 cm derinliği için %70'inin hafif alkalın, %30'unun nötr reaksiyon, 30-60 cm için %80'inin hafif alkalın, %20'sinin nötr reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. Boyacı ve ark. (2021) Kırşehir ili seralarında yapmış oldukları

çalışmalarında toprakların pH değerlerinin 7.51-8.32 arasında değişim gösterdiğini ve sınır değerleri ile karşılaştırıldığında seraların tamamının hafif alkalın grubunda olduğunu bildirmiştir. Domates bitkisi hafif asit ve nötr toprak reaksiyonlarında gelişebilirken, hıyar bitkisi nötr veya hafif alkalın reaksiyonlu toprakları tercih eder (Sevgican, 1989) ve yetiştiricilik açısından en uygun toprak pH değerleri 5.5-6.8 arasındadır (Kütevin & Türkeş, 1985). Biber bitkisi ise yüksek pH'lara toleranslıdır (Şeniz, 1992). Çalışmada, incelenen sera topraklarının pH değerlerinin yetiştiriciliği yapılacak bitki türüne göre değerlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca asit reaksiyonlu topraklara gübrelemeden önce kireç, alkali reaksiyonlu topraklara ise uygun miktarlarda

kükürt veya asit karakterli gübreler verilerek toprak reaksiyonlarının düzenlenmesi bitki yetiştiriciliği açısından oldukça önemlidir.

Üretim dönemi başlangıcında 0-30 ve 30-60 cm derinlikleri için toprakların elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında, toprakların %80'inin tuzluluk göstermediği, %10'unun ise hafif tuzluluk ve %10'unun orta tuzluluk gösterdiği belirlenmiştir. Üretim dönemi sonu 0-30 cm toprak derinliği için toprakların elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında, toprakların %80'inin tuzluluk göstermediği, %20'sinin ise hafif tuzluluk gösterdiği belirlenmiştir. Üretim dönemi sonu toprakların 30-60 cm derinliği için %80'inin tuzluluk göstermediği, %20'sinin orta tuzluluk gösterdiği belirlenmiştir. Boyacı ve ark. (2021) Kırşehir ili seralarında yapmış oldukları çalışmalarında 0-20 cm sera topraklarda EC'nin 0.17-1.98 dS m⁻¹ arasında değişim gösterdiği ve sınır değerleri ile karşılaştırıldığında sera topraklarının tamamının tuzsuz olduğunu belirlemiştir. Şeniz (1992) biber bitkisi tuzluluğa karşı hassas, hıyar bitkisiyse tuza orta derecede toleranslıdır. Domates bitkisinin tuzluluğa karşı toleranslıdır (Campos ve ark., 2006; Sönmez & Kaplan, 2007). Akay & Kaplan (1995) yapmış oldukları çalışmalarında hıyar ve domates yetiştiriciliği yapılan sera işletmelerinin topraklarındaki tuz konsantrasyonlarının dönemsel olarak arttığını ve bu artışın nedeni olarak ta gübre uygulamaları gösterilmiştir. Tura ve Tolossa (2020) düşük kaliteli sulama suları, bitki verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Tuz miktarının aşırı artması durumunda ise verimde kayıplar meydana gelir. Verim kaybını önlemek için topraktaki tuzların, bitki verimini etkileyebilecek olan miktarın altında bir konsantrasyonda tutulması gerekmektedir. Yapılan çalışmada, 5 işletmenin

topraklarının 0-30 ve 30-60 cm derinliklerinde EC değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Toprakların farklı derinliklerinde genel olarak bir tuzluluk problemi olmasa da hafif tuzluluk ve orta tuzluluk gösteren seralarda yıkamaların yapılmaması nedeniyle ilerleyen yıllarda tuzluluk sorunlarıyla karşılaşılacağından önlem alınması gerekmektedir. Seralarda toprakların 0-30 ve 30-60 cm'lik derinliklerde tuzluluk artışlarının, üreticilerin toprağa ilave ettiği yapay veya doğal gübrelerden kaynaklandığı, azalışların ise fazla miktarda sulama suyu uygulanması neticesinde toprakların yıkanmasıyla açıklanabilir.

Sera Sulama Suyu Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

Çalışmada Kırşehir ilinde işletmelerden alınan toplam 12 adet sulama suyu örneğine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'te, sulama suyu örneklerinin kalite sınıflarına göre değerlendirilmesi Çizelge 4'te verilmiştir.

Bitki yetiştiriciliği açısından sulama sularının niteliklerini önemli ölçüde belirleyen faktörlerin başında sulama suyunun tuzluluğu ile anyon ve katyonların konsantrasyonları gelmektedir (Altın & Sönmez, 2020). Araştırmada sulama suyu örneklerinde ölçülen pH değerleri, 5.47-8.61 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Ortalama olarak ölçülen pH değeri ise 7.47 olarak ölçülmüştür. Sulama sularında 6.5-8.4 pH aralığı değerleri problem oluşturmamaktadır (Ayers & Wescot, 1989). İncelenen suların 1 tanesi dışında (Sera 5) pH değerlerinin genel olarak uygun değerler arasında olduğu ve sorun oluşturmadığı belirlenmiştir. Sulama sularında pH değerlerinin önerilen sınır değerlerden farklı olması yetiştirilen bitkilerde dengesiz beslenme veya toksik

Çizelge 3. İncelenen sera sulama sularının kimyasal analiz değerleri

Table 3. Results of the chemical analyses of greenhouse irrigation waters

Seralar	pH	EC (µmhos cm ⁻¹)	Katyonlar (meq L ⁻¹)				Anyonlar (meq L ⁻¹)				SAR	RSC	%Na	B (ppm)	Sulama sınıfı
			Ca	Mg	K	Na	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄					
Sera 1	7.57	384	3.10	1.76	0.05	1.52	-	5.34	0.62	0.46	0.97	0.48	23.63	0.28	C ₂ S ₁
Sera 2	8.21	480	2.23	2.48	0.05	2.43	-	5.36	1.00	0.84	1.59	0.65	33.84	0.30	C ₂ S ₁
Sera 3	8.04	572	2.91	1.93	0.02	2.80	-	4.85	1.15	1.66	1.80	0.01	36.54	0.50	C ₂ S ₁
Sera 4	7.65	550	2.87	1.25	0.02	2.90	-	4.55	1.62	0.86	2.02	0.44	41.21	0.34	C ₂ S ₁
Sera 5	8.61	1720	3.62	2.97	0.25	9.02	-	1.95	8.51	5.42	4.97	-4.65	56.86	0.22	C ₃ S ₁
Sera 6	7.25	947	3.96	1.86	0.02	2.95	-	6.93	1.79	0.07	1.73	1.11	33.58	0.42	C ₃ S ₁
Sera 7	7.44	536	3.82	2.95	0.02	2.94	-	7.18	1.86	0.69	1.60	0.41	30.23	0.28	C ₂ S ₁
Sera 8	7.44	950	3.26	3.15	0.08	3.25	-	6.19	2.56	0.99	1.82	-0.21	33.40	0.40	C ₃ S ₁
Sera 9	7.35	996	3.51	2.15	0.12	1.56	-	6.56	0.52	0.25	0.93	0.90	21.28	2.37	C ₃ S ₁
Sera 10	7.97	420	1.88	2.15	0.12	3.17	-	4.96	1.49	0.89	2.23	0.92	43.24	0.67	C ₂ S ₁
Sera 11	6.68	350	0.16	0.82	0.01	0.81	-	0.87	0.94	0.003	1.16	-0.11	44.82	0.10	C ₂ S ₁
Sera 12	5.47	35	0.0012	0.55	0.0002	6.54	-	0.45	0.08	0.07	12.49	-0.10	92.27	0.18	C ₁ S ₂
Min.	5.47	35	0.0012	0.55	0.0002	0.81	-	0.45	0.08	0.003	0.93	-4.65	21.28	0.10	
Ort.	7.47	661.67	2.61	2.00	0.06	3.32	-	4.60	1.84	1.02	2.78	-0.01	40.91	0.51	
Maks.	8.61	1720	3.96	3.15	0.25	9.02	-	7.18	8.51	5.42	12.49	1.11	92.27	2.37	

Çizelge 4. Sera sulama sularının kalite sınıflarına göre değerlendirilmesi
Table 4. Evaluation of greenhouse irrigation waters according to quality classes

Ölçülen değerler	Sınıflar	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
EC, ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) (USSL, 1954)	C1	<250	1	8.33
	C2	250-750	7	58.33
	C3	750-2250	4	33.33
	C4	>2250	-	-
SAR (Ayers and Westcot, 1989)	S1	0-10	11	91.67
	S2	10-18	1	8.33
	S3	18-26	-	-
	S4	>26	-	-
%Na (Christiansen ve ark., 1977)	1	0-40	7	58.33
	2	40-60	4	33.33
	3	60-70	-	-
	4	70-80	1	8.33
	5	80-90	-	-
Cl (me L^{-1}) (Christiansen ve ark., 1977)	1	0-3	11	91.67
	2	3-6	-	-
	3	6-10	1	8.33
	4	10-15	-	-
	5	15-20	-	-
	6	>20	-	-
B (ppm) (Christiansen ve ark., 1977)	1	0-0.5	10	83.33
	2	0.5-1.0	1	8.33
	3	1.0-2.0	-	-
	4	2.0-3.0	1	8.33
	5	3.0-4.0	-	-
	6	>4.0	-	-
SO ₄ (me L^{-1}) (Christiansen ve ark., 1977)	1	0-3	11	91.67
	2	3-6	1	8.33
	3	6-9	-	-
	4	9-12	-	-
	5	12-15	-	-
	6	>15	-	-
RSC (Eaton, 1950)	1	<1.25	12	100.00
	2	1.25-2.5	-	-
	3	>2.5	-	-

maddelerin birikmesine neden olmaktadır (Kanber ve ark., 2003). Gübreleme ile verilen bitki besin elementlerinden en yüksek düzeyde yarar sağlamak amacıyla fertigasyon değerlerinin asidik olması önerilmektedir (Maltaş & Kaplan, 2018). Buna göre sulama suyunda pH değerlerinin yüksek olması durumunda üretim yapılırken, asit kullanımı ile pH değerinin azaltılması, optimum bitki beslenmesi bakımından uygulanabilir bir yöntem olarak önerilebilir.

Sulama suyu örneklerinde belirlenen elektriksel iletkenlik değerleri, 35-1720 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ arasında ortalama 661.67 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). İncelenen örnekler USSL (1954)'e göre sınıflandırıldığında, örneklerin %8.33'ünün 1. sınıf, %58.33'ünün 2. sınıf ve %33.33'ünün 3. sınıfına girdiği görülmektedir (Çizelge 4). Sulama, yüksek tarımsal üretimi güven altına alan son derece gerekli ve önemli bir uygulamadır (Kaman ve ark., 2022). Ancak

nispeten yüksek konsantrasyonda tuz içeren su ile sulama, bitkisel üretim ve toprak üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Yasuor ve ark., 2020). Yüksek tuz miktarı, bitki köklerinin su ve bitki besin elementlerinin alınımı zorlaştırması nedeniyle su ve besin elementi eksiklikleri ortaya çıkmaktadır. Toplam çözünebilir tuzları sulama suyundan uzaklaştırmak için ters osmoz ve deiyonizasyon uygulamalarının yapılması iyi bir çözüme ulaşmak için fayda sağlayacaktır (Will & Faust, 1999). Seralarda 2. ve 3. sınıf sulama suları tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkilerin yetiştiriciliği için kullanılabilir. Aynı zamanda bu alanlarda yıkama gereksinimi ortaya çıkmakta ve drenaj sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. İşletmelerde yetiştirilen bitkiler domates, hıyar ve biber tuza orta derecede dayanıklı olduklarından (Maas, 1986) bu alanlarda yetiştirilebilse de işletmelerde yıkama yapılmadığından ve bir drenaj sistemi olmadığından ileriki yetiştirme dönemlerinde toprakta sorunlarının

ortaya çıkması muhtemeldir. Topraksız tarım işletmeleri olan Sera11 ve Sera 12'de gelen sulama suları ters osmozdan geçirilerek kullanılmaktadır. Sera 12'de gelen sulama suyunun EC değeri 2800 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ iken ters osmoz uygulaması ile birlikte bu değer 35 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ 'e kadar düşürülmüştür. EC değeri yüksek olan sulama sularına sahip işletmelerde bu ve benzeri uygulamalar ile elektriksel iletkenlik değerini düşürmek amacıyla uygulanması önemli görülmüştür.

İncelenen sulama sularında kalsiyum (Ca) konsantrasyonları 0.0012-3.96 me L^{-1} arasında değişim göstermektedir (Çizelge 3). Kalsiyum, bitki gelişimi için gerekli elementlerden olup sulama sularındaki uygun miktarı 40-100 ppm (2-5 me L^{-1}) arasındadır (Will & Faust, 1999). Buna göre örneklerin kalsiyum düzeylerine bakıldığında %25'inin düşük, %75'ininse yeterli olduğu belirlenmiştir. Magnezyum (Mg) konsantrasyonlarına bakıldığında ise 0.55-3.15 me L^{-1} arasında değişmektedir (Çizelge 3). Will ve Faust (1999) tarafından bildirilen 30-50 ppm (2.5-4.2 me L^{-1}) yeterlilik sınır değerlerine göre incelenen örneklerin %75'inin düşük, %25'inin yeterli düzeyde magnezyum içerdiği belirlenmiştir. Örneklerin potasyum (K) konsantrasyonlarının 0.0002-0.25 me L^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Sularda çok düşük düzeylerde bulunan potasyumun birkaç ppm'den fazla olması gübreler veya diğer kaynaklar ile sulama sularına iletilmesi anlamı taşımaktadır (Ayrancı, 2006). Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) yetiştirilen ürünler için temel elementlerdir ve sodyumun olumsuz etkilerini azaltarak toprağın katyon dengesinde temel bir rol oynarlar. Genellikle suda nitratlar, klorürler, sülfatlar, karbonatlar ve bikarbonatlar gibi tuzların ayrışmasıyla üretilen iyonlar şeklinde bulunurlar. Sudaki kalsiyum ve magnezyum tuzu içeriğinin kapsamı sertlik ile temsil edilir (De Pascale ve ark., 2013). Sulama sularında kalsiyum, magnezyum ve potasyumun fazla bulunması toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etki ederek toprağı kolay işlenebilir hale getirerek infiltrasyon kapasitesini arttırır (Kanber & Ünlü, 2010). Yapılan çalışmada, araştırmacıların önerileri doğrultusunda elementlerin sodyum zararını azaltması, bitki gelişmesi ve toprak özellikleri açısından önemli olduğu yetiştirme döneminde toprak ve sulama suyu analizleri ile izlemenin yapılmasının önemli olduğu belirlenmiştir.

Sera sulama suları için uygun sodyum (Na) düzeyinin 50 ppm (2.2 me L^{-1}) olduğu belirtilmiştir (Will & Faust, 1999). Buna göre Na konsantrasyonları 0.81-9.02 me L^{-1} arasında değişmekte olup örneklerin %25'inin optimum değerden düşük, %75'inin ise yüksek düzeyde Na içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Yüksek sodyum (Na), tuzluluk sorunlarına katkıda bulunabileceği, ortamdaki magnezyum ve kalsiyum mevcudiyetini engelleyebileceği ve yaprak yanıklarına neden olabileceği için yetiştiriciler için sorun teşkil

eder (De Pascale ve ark., 2013). Sulama suları ve yağışlar aracılığıyla toprağı ulaşan sodyum iyonları toprak kolloidlerinin disperse olmasına neden olarak toprağın strüktürel yapısının bozulmasına yol açar. Toprak gözenekliliğinin bozulması nedeniyle de toprağın hava ve su geçirgenliği azalır. Bunun yanı sıra toprak çözeltisinin pH değerleri kültür bitkilerinin yetiştirilemeyeceği düzeylere çıkabilir (Ayyıldız, 1990). Toprağı fazla miktarda Na iyonu içeren sulama suyu uygulandığında, toprağı sızması güç olur ve toprak yüzeyinde gölcükler meydana gelir. Toprak kurduğunda yüzeyde çatlaklar oluşup, sürüldüğünde çok sert kesekler ortaya çıkar. Öte yandan, toprağın çözünebilir ve değişebilir Na iyonu miktarı fazla ise böyle topraklara uygulanan yüksek Na içerikli sular, toprak yüzeyinde çok uzun zaman kalır, toprak içine sızamaz ve yüzeyden buharlaşıp kaybolur (Kanber & Ünlü, 2010). Yapılan çalışmada, Na düzeyinin bazı işletmelerde sınır değerlerden düşük ve bazılarında yüksek olduğu belirlenmiştir. Sulama sularının Na düzeyinin düşük olması durumunda potasyum alımını ve kullanımını etkileyeceği, fazla olması durumunda ise bitkilerde toksik etki ortaya çıkaracaktır. Bu etkinin belirlenmesi amacıyla toprak, su ve bitki doku analizlerinin yapılması etkinin belirlenmesi bakımından önemlidir. Ayrıca, sulama suyunun uzun süre kullanılması durumunda toprak geçirgenliğinde ortaya çıkacak değişim Doneen (1966)'ya göre değerlendirildiğinde, seralarda toprakların geçirgenliğinin düşük olması durumunda (2 cm h^{-1} 'ten düşük), Sera 1-2-3-4-7 ve 10'da ilerleyen dönemlerde toprakların geçirgenliğinde %35'lik azalmanın meydana gelmesi beklenebilir. Toprak geçirgenliğinin orta geçirgenlikte olması durumunda (2-12 cm h^{-1}) Sera 1-2-9 ve 10'un geçirgenliğinde %25'lik bir azalmanın beklenebileceği, toprakların geçirgenliğinin yüksek olması durumunda da sera topraklarının geçirgenliğinin etkilenmeyeceği belirlenmiştir.

İncelenen sulama suyu örneklerinde karbonat (CO_3) iyonu saptanmamıştır (Çizelge 3). Sulama sularında müsaade edilen bikarbonat (HCO_3) değeri 1.5-8.5 me L^{-1} arasındadır (Ayers & Wescot, 1989). Buna göre incelenen sulama suyu örneklerinde bikarbonat konsantrasyonları 0.45-7.18 me L^{-1} arasında (Çizelge 3) değişmekte olup örneklerin 10 tanesi orta sınıfta, 2 tanesinde ise önemsiz bulunmuştur. Sulama sularının karbonat ve bikarbonat içerikleri, nötrale edilebilen bileşiklerin konsantrasyonunu ifade etmektedir (Ayrancı, 2006). Sulama suyundaki yüksek CO_3 ve HCO_3 içeriği, özellikle mikro sulamada (damla sulama, mikro yağmurlama) kullanılan su dağıtım ekipmanlarını tııkayabilir. Karbonat seviyesi sınıflandırmada belirtilen limiti aşarsa, suyun fiziksel veya kimyasal olarak artırılması ihtiyacı değerlendirilmelidir (De Pascale ve ark., 2013). Damla sulama sistemlerinin en önemli kısıtlarından biri

damlatıcıların zamanla tıkanması ve bunun sonucunda sistem performansında önemli bir düşüş yaşanmasıdır. Damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması, su dağıtım homojenliğini ve sulama verimini düşürerek üretim ve kalite kayıplarına neden olabilir (Tekin ve ark., 2016; Tekin, 2018b). Yapılan çalışmada seralarda sulamaların damlama ve spagetti borular ile yapıldığı belirlenmiştir. Sulama sularında orta sınıfta olan işletmelerde sulama ekipmanlarında ortaya çıkacak tıkanıklık probleminin takip edilmesi gerektiği, mümkünse sulama suyunun filtrasyon işleminden sonra bitkiye ulaştırılması önemli görülmüştür. İşletmelerde uniforme testleri yapılarak damlatıcılardaki tıkanıklıklar için fosforik asit veya benzeri uygulamaların yapılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

İncelenen örnekler klor (Cl) elementi bakımından 0.08-8.51 me L⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Christiansen ve ark. (1977)'ye göre değerlendirildiğinde incelenen örneklerin %91.67'sinin 1.sınıf ve %8.33'ünün ise 3. sınıfta olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Sulama sularında Cl en sorunlu anyon olarak kabul edilmektedir. 5 me L⁻¹'nin altındaki Cl konsantrasyonu içeren sularla duyarlı bitkilerin, 5-10 me L⁻¹ arasında değerlere sahip sular ile orta hassas bitkilerin, 10 me L⁻¹ üzerinde değerlere sahip sular ile dayanıklı bitkilerin sulanmasında sakınca olmadığı belirtilmiştir (Maas, 1990). Sudaki klorür, suda bulunan klorür tuzlarının ayrışmasından ve artılmış atık suyun klorlanmasından kaynaklanır. Yüksek klorür genellikle yüksek sodyum konsantrasyonu ile ilişkilidir. Klorür toprak tarafından emilmez, ancak yapraklarda birikerek kökler tarafından emildiği dolaşımdaki çözelti içinde kolayca hareket eder. Yüksek konsantrasyonlarda, nitratların emilimini ve organik asitlerin hücreler içinde ve arasında taşınmasını engelleyebilir. Klorürden kaynaklanan toksisite belirtileri, yaprak dokusunun yanması ve kurumması (uçlardan başlayıp kenarlar boyunca devam ederek), esmerleşme, erken sararma ve yaprak düşmesi olarak ortaya çıkar (De Pascale ve ark., 2013). Sera 5'in Cl sınıfının 3. sınıfta olduğu belirlenmiştir. İşletmede Nisan-Ağustos aylarında domates, Ekim-Mart dönemlerinde ise marul yetiştiriciliği yapılmaktadır. Domates bitkisinde verim kaybı oluşmaması için gerekli maksimum Cl düzeyi 875 ppm ve marulda ise 350 ppm olarak belirlenmiştir (De Pascale ve ark., 2013). Buna göre domates bitkisinin yetiştiriciliği için herhangi problem ortaya çıkmayacağı ancak sonraki dönemde yetiştirilen marul bitkisi için Cl'nin sorun oluşturabileceği söylenebilir. Buna göre işletmelerde verim kayıpları yaşanmaması için bitki özelliklerinin dikkate alınması yetiştiricilikte verim kayıplarının yaşanmaması bakımından son derece önemlidir.

Sülfat (SO₄) konsantrasyonları bakımından incelenen sulama suyu örneklerinde sülfat miktarı 0.003-5.42

me L⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Christiansen ve ark. (1977)'e göre sınıflandırıldığında sulama sularının %91.67'si 1. sınıfa, %8.33'ü ise 2. sınıfa girmektedir (Çizelge 4). Sülfür (S) ve klor (Cl), bitki büyümesi için gerekli elementlerdir. Bazı ürünler önemli miktarlarda kükürt giderir. Ancak, sulama suyunda bu elementin fazla miktarları mevcutsa, doğrudan toksisitenin bir sonucu olarak ürünlere zarar verebilir. Kükürt genellikle suda sülfat (SO₄) şeklinde bulunur. Bununla birlikte, indirgeyici ortamlarda sülfatlar, daha yüksek fitotoksik etkiye sahip olan sülfütlere (SO₃) dönüştürülebilir ve sülfürler demirin çökmesine neden olarak bitkilerde toksisite semptomlarına yol açar (De Pascale ve ark., 2013). İncelenen işletmelerde genel olarak sülfat problemi olmadığı Sera 5'te ise kullanıma dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) değerleri (USSL, 1954)'e göre sınıflandırılmış olup miktarları 0.93-12.49 arasında (Çizelge 3) değişen örneklerin SAR açısından %91.67'si 1. sınıfta, %8.33'ü ise 2. sınıfta (Çizelge 4) yer almıştır. Suyun topraklarda oluşturacağı sodyum zararı, katyon derişimine bağlıdır. Sodyum içeriği yüksek ise sodyum zararı fazladır. Buna karşı, sulama suyunda kalsiyum ve magnezyumun uygun oranlarda bulunması, topraklarda istenen özelliklerin oluşmasını sağlar (Kanber & Ünlü, 2010). Sodyum (Na) topraktaki kolloidler tarafından emilir ve geçirgenlik üzerinde önemli etkileri ortaya çıkar. Ancak, suyun içerdiği sodyumun toprak tarafından etkin bir şekilde emilme riski, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) varlığı ile azaltılır (De Pascale ve ark., 2013). Yapılan analizlerde SAR değerinin genel olarak 1. sınıfta yer aldığı (%91.67) ve herhangi bir sorun bulunmadığı ancak Sera 12'de dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

İncelenen sulama sularının Artık Bikarbonat (RSC) değerleri -4.65 ile 1.11 me L⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3). İncelenen örneklerin RSC değeri bakımından Eaton (1950)'in bildirdiği 1.25 me L⁻¹ değerinden daha düşük düzeydedir. Sulama sularının RSC içeriği, toprakların fiziksel özelliklerini etkilemekte ve siyah alkali olarak tanımlanan sodyumlu toprakların oluşmasına neden olmaktadır (Kanber & Ünlü, 2010). Sulama sularında yüksek konsantrasyonda bikarbonat bulunursa, toprak çözeltilisinin daha konsantre duruma gelmesi halinde kalsiyum ve magnezyum karbonat olarak çökmeye başlar. Bu koşullarda, toprak çözeltilisinin kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonu azalır. Bu durumda sodyumun nispi oranı artar ve dominant hale geçerek sodyum zararına neden olur (Ayyıldız, 1990). Çalışmada işletmelerde artık bikarbonat değerlerine bakıldığında herhangi bir sorun bulunmadığı belirlenmiştir.

Sulama suyu örneklerinin %Na değerleri 21.28-92.27 me L⁻¹ arasında (Çizelge 3) değişmekte olup,

Christiansen ve ark. (1977)'e göre örneklerin %58.33'ünün 1. sınıf, %33.33'ünün 2. sınıf ve %8.33'ünün 4. sınıfa dahil olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Sulama suyunun kalitesini belirleyen sodyum ve buna bağlı olarak alkalilik oluşturma tehlikesi, sodyum katyonunun mutlak konsantrasyonu yanında, sodyumun diğer katyonların toplam konsantrasyonuna göre oransal miktarının yüksek olmasına da bağlıdır (Sönmez & Kaplan, 1996). Buna göre, sulama suyundaki sodyum miktarı düşük olsa da sodyumun diğer katyonların toplamına oranı yüksek bir değer oluşturuyorsa yine sodyum zararı ortaya çıkabilir. Bu nedenle sulama suyunda %Na değerlerinin, belirlenen sınır değerlerin üzerine çıkmaması gerekmektedir (Ayrancı, 2006). Sodyum fiziko-kimyasal yapısı nedeniyle topraklarda belirli bir değerin üzerine çıkması durumunda toprak yapısında dispersiyona neden olur. Değişebilir Na yüzdesi yüksek olan topraklar disperse (ayrışma) hale geçerek balçıklaşır ve geçirgenlikleri azalır (Kanber ve ark., 1992). Topraklı tarım serası olan Sera 4, Sera 5 ve Sera 10 da sulama suyu kaynaklı %Na zararının toprak ve bitki analizleri ile birlikte değerlendirilmesinin önemli olduğu belirlenmiştir.

Bor (B) konsantrasyonları bakımından incelenen sulama suyu örneklerinde bor değerleri 0.10-2.37 ppm arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Christiansen ve ark. (1977)'ye göre incelenen örneklerin %83.33'ü 1.sınıf, %8.33'ü 2. sınıf ve %8.33'ü 4. sınıfta yer almaktadır (Çizelge 4). Bor elementi, bütün bitkilerin gereksinim duyduğu önemli bir mikro besin elementi olup çok küçük miktarlarda alınmaktadır. Yetersiz miktarda bor ile beslenme bitkinin hayati fonksiyonlarını azaltırken, normalin üzerinde bor ile beslenmesi durumunda toksik etkiye neden olabilmektedir. Bu nedenle bor elementinin 0.50 ppm'den yüksek konsantrasyonları, duyarlı bitkilerde önemli zararlar meydana getirirken, 1.0 ppm'den fazla bor içeriğine sahip suların sulama suyu olarak kullanılması durumunda bitki ve toprakta önemli zararlara neden olmaktadır (Uygan & Çetin, 2004). Bor (B) bitki yaşamı için gerekli bir elementtir, ancak çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilir. Genel olarak, toksik bor konsantrasyonları neredeyse sadece kurak bölgelerdeki topraklarda jeotermal ve volkanik bölgelerdeki kuyu ve kaynak sularında bulunurken, çoğu yüzey suyu kabul edilebilir seviyelerde bor içerir. Bu element ev deterjanlarında sodyum perborat şeklinde bulunduğu için, konut arıtma tesislerinden çıkan sulardan dolayı sulama suyunda önemli miktarlarda bor bulunabilir. Sulama suyunda 0.2-0.5 mg L⁻¹ seviyeleri normal kabul edilir. Bununla birlikte, 0.3 mg L⁻¹ değerinin üzerindeki seviyeler hassas bitkiler için zararlı olabilmektedir. Bor içeriği 4.0 mg L⁻¹ değerinin üzerindeki sulama suyu hemen hemen tüm bitkiler için uygun değildir. Bitkiler, iki uç değer arasında değişen farklı tolerans

seviyelerine sahiptir. Bor'un toksik etkileri ilk olarak yaşlı yapraklarda sararma, klorotik lekeler veya yaprağın uç ve kenarlarında kurumuş doku şeklinde kendini gösterir. Bitki yaşı ayrıca duyarlılığı veya sorunun boyutunu etkiler. Fideler genellikle aynı türden olgun bitkilerden daha hassastır. Su kaynağında yüksek düzeylerde olduğunda bor problemlerini en aza indirmeye yönelik yönetim stratejileri, gübre kaynaklarından bor elementini ortadan kaldırmayı, ortam pH'ını arttırmayı ve kalsiyum seviyesini arttırmayı içerir (De Pascale ve ark., 2013). Yapılan çalışmada Sera 9 da borun 4. sınıfta yer aldığı görülmüştür. İşletmede kuyu derinliği 120 m'dir. Sera işletmesinin bulunduğu yerin jeotermal yeraltı su kaynaklarının bulunduğu bölge üzerine kurulması nedeniyle bor konsantrasyonunun yüksek düzeyde olabileceği belirlenmiştir. Yüksek bor düzeyinin giderilmesi için ters ozmoz işleminin yapılması ve ters ozmozun verimliliğini arttırmak içinse suyun pH'sının hafif alkali olarak ayarlanması (pH 7.5) gereklidir (Will & Faust, 1999).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kırşehir ilinde sera işletmelerinde kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada ilde yer alan 10 adet topraklı ve 2 adet topraksız tarım serasında olmak üzere 10 seranın toprak pH ve EC değerleri, 12 serada ise sulama suyu analizleri yapılmıştır.

İncelenen sera topraklarının genel olarak hafif alkalin topraklar olduğu ve pH değerlerinin yetiştiriciliği yapılacak bitki türüne göre değerlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Toprakların elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında, toprakların büyük bir kısmının tuzluluk göstermediği hafif ve orta tuzluluk gösteren seralarda sulama suyu tuzluluğu ve gübre kullanımına dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Çalışmada incelenen 1 işletmede sulama sularının C₁ (1. sınıf), 7 işletmede C₂ (2. sınıf) ve 4 işletmede C₃ (3. sınıf) sınıfında olduğu belirlenmiştir. SAR sınıflarına bakıldığında 11 işletmede S₁ (1. sınıf), 1 işletmede S₂ (2. sınıf) olduğu belirlenmiştir. Buna göre C₂S₁ ve C₃S₁ sınıfına giren sulama suları, tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için kullanılabilir. Özellikle C₃ sınıfına giren sulama sularına sahip işletmelerde drenaj sisteminde olmadığı düşünüldüğünde yıkama gereksiniminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Topraksız tarım yapan seralarda bu sorun ters ozmoz uygulaması ile çözülsede sistemin maliyetli olması nedeniyle topraklı tarım yapan küçük işletmelerde bunun yerine yıkama yapılması ve mümkünse drenaj sistemlerinin tesis edilmesi ileriki yıllarda toprakta oluşacak tuzluluk probleminin önlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca araştırma yapılan ilde jeotermal kaynakların bulunması nedeniyle ortaya çıkacak yüksek bor düzeylerine dikkat edilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından ZRT.A4.21.021 proje numarasıyla desteklenmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Akay, S., & Kaplan, M. (1995). Kumluca ve Finike yörelerinde seraların toprak tuzluluğu ve mevsimsel değişimi. İlhan AKALAN Toprak ve Çevre Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 01-04 Eylül 1995, ss. 289-298.
- Altan, T., Kanber, R., Özbek, H., & Şekeroğlu, E. (2003). Tarım ve Çevre. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 17-21 Ocak 2000, ss 319-333.
- Altın, R., & Sönmez, S. (2020). Muğla-Dalaman yöresi sulama sularının sulama suyu kalitelerinin belirlenmesi ve mevsimsel değişiminin incelenmesi. *Derim 37(1)*, 18-26.
- Ayers, R.S., & Wescot, D.W. (1989). *Water Quality for Agriculture*. FAO, Irrigation and Drainage, Paper No: 29, Rev. 1, Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/t0234e/T0234E00.htm#TOC>
- Ayrancı, Y. (2006). Muğla Ortaca yöresi sera sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20*, 32-36.
- Ayyıldız, M. (1990). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 282sy.
- Boyacı, S., Abacı Bayar, A.A., Başpınar, A., & Duran Gökalp, D. (2021). Kırşehir ilindeki bazı seralarda yetiştirilen bitkilerin beslenme durumlarının toprak ve yaprak analizleri ile değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 52(3)*, 273-287.
- Campos, C.A.B., Fernandes, P.D., Ghey, H.R., Blanco, F., Goncalves, C.B., & Campos, S.A.F. (2006). Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Scientia Agricola 63*, 146-152.
- Christiansen, J.E., Olsen, E., & Willardson, L.S. (1977). Irrigation water quality evolution. *Journal of Irrigation and Drainage Div. ASCE 103*, 155-169.
- De Pascale, S., Orsini, F., & Pardossi, A. (2013). *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops*. (Irrigation water quality for greenhouse horticulture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: Ed. Baudoin W, Nono-Womdim R, Lutaladio N, Hodder A) 169-204p.

- Doneen, L.D. (1966). *Water Quality Requirement For Agriculture*. *Proc. National Sym. Quality Standards for Natural Waters*. University of Michigan, Ann. Report, 213-218p.
- Doneen, L.D., & Wenderson, D.W., (1960). Quality of Irrigation Water and Chemical and Physical Properties of Soil. *Trans. 7th. Intern. Congr. Of Soil Sci. I*, 516-522.
- Eaton, F.M. (1950). Significance of Carbonates in Irrigation Waters. *Soil Science 69*, 123-134.
- Eltan, E. (1998). *İçme ve Sulama Suyu Analiz Yöntemleri*. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayın Evi, Ankara, 109 sy.
- Grismer, M.E. (1990). Leaching Fraction, Soil Salinity and Drainage Efficiency. *California Agriculture 44(6)*, 24-26.
- Kaman, H., Çetin, M., & Sesveren, S. (2022). Akdeniz İklim Kuşağında, Sulamadan Dönen Suların Sulamada Kullanılmasının Taban Suyu Kalitesi ve Derinliği Üzerine Etkilerinin Araştırılması: Aşağı Seyhan Ovası Yemişli Sulama Sahası Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1), 158-168.
- Kanber, R., & Ünlü, M. (2010). *Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayınları, Adana, 307 sy.
- Kanber, R., Çakır, R., & Tarı, A.F. (2003). *Sulama ve Drenaj Mühendisliği*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No:122, Ankara, 631 sy.
- Kanber, R., Kırdı, C., & Tekinel, O. (1992). *Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:6, Adana, 277 sy.
- Kütevin, Z., & Türkeş, T. (1985). *Sebzecilik-Genel Sebze Tarımı, Prensipleri ve Pratik Sebzecilik Yöntemleri*. İnkılap Kitabevi, İstanbul, 309 sy.
- Maas, E.V. (1986). Salt Tolerance of Plants. *Applied Agricultural Research*, 1, 12-26.
- Maas, E.V. (1990). *Crop salt tolerance. Agricultural Salinity Assessment and Management ASCE*, New York., 42p.
- Maltaş, A.Ş., & Kaplan, M. (2018). Effect of different amounts of acid application in fertigation on calcareous soil pH. *Journal of Plant Nutrition 41(4)*, 520-525.
- Öktüren Asri, F., & Sönmez, S. (2009). Antalya yöresinde topraksız kültür sistemiyle yetiştirilen domates bitkilerinin beslenme durumunun ve sulama suyu kalite kriterlerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22(2)*, 191-200.
- Öktüren Asri, F., Işıl Demirtaş, E., Arı, N., Arpacıoğlu, A.E., & Özkan, C.F. (2010). Antalya-Serik yöresi seralarında kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 23(2)*, 145-150.

- Rhoades, J.D., Chanduvi, F., & Lesch, S. 1999. *Soil Salinity Assessment Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 57, Rome, 166p.
- Sevgican, A. (1989). *Örtü Altı Sebzeçiliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı*, Yalova, 120sy.
- Sönmez, İ., & Kaplan, M. (2004). Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(2), 155-160.
- Sönmez, İ., & Kaplan, M. (2007). Antalya-Demre Yöresinde Domates Yetiştirilen Sera Topraklarının Bazı Verimlilik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(1), 29-35.
- Sönmez, S.A., & Kaplan, M. (1996). Kumluca ve Finike Yörelere Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 9(1), 288-303.
- Şeniz, V. (1992). *Domates, Biber ve Patlıcan Yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırma ve Geliştirme Vakfı*, Yalova, 174sy.
- Tekin, S. (2018a). Çizgi Kaynaklı Yağmurlama Sistemiyle Uygulanan Tuzlu Su Düzeylerinin Toprakta Bazı Fiziksel Özelliklere ve Tuz Dağılımına Etkisi. *Alatarım*, 17(1), 52-62.
- Tekin, S. (2018b). Effect of Locust Bean (*Ceratonia Siliqua L.*) Extract Waste on Clogging of In-Line Emitters. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), 3035- 3042.
- Tekin, S., Boyacı, S., Sezen, S.M., Gönen, E., Soylu, E., Soyugüzel, E., Özge, Z., Ketenci, A.M. & Üstün, Y. (2016). Kahramanmaraş Yöresinde Yaygın Olarak Kullanılan Damla Sulama Damlatıcılarının Hidrolik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(4), 445-453.
- Tekin, S., Sezen, S.M., Arslan, S., Boyacı, S., & Yıldız, M. (2014). Water Production Functions of Wheat Irrigated with Saline Water Using Line Source Sprinkler System under the Mediterranean Type Climate. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, Special Issue: 1*, 1017-1024.
- Tura, L.E., & Tolossa, T.T. (2020). Systematic review: Effect of Irrigation Water Quality and Deficit Irrigation on Crop Yield and Water Use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(5), 1201-1210.
- USSL (1954). *Diagnoses and improvement of saline and alkali soils*. (Ed.: L.A. Richards). United State Salinity Laboratory Staff, USDA_SCS, Agric. Handbook no. 60, Washington D.C., 160s.
- Uygan, D., & Çetin, Ö. (2004). Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri: Seydisuyu Su Toplama Havzası. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye, 23-25 Eylül 2004, ss.14.
- Will, E., & Faust, E.J. (1999). *Irrigation Water Quality for Greenhouse Production*. Agricultural Extension Service, The University of Tennessee, 11p. <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/pb1617.pdf>. (Alınma Tarihi: 01.05.2022).
- Yasuor, H., Yermiyahu, U., & Ben-Gal, A. (2020). Consequences of Irrigation and Fertigation of Vegetable Crops with Variable Quality Water: Israel as a Case Study. *Agricultural Water Management* 242, 1-10.
- Yurtsever, E., & Güngör, Y. (1990). Değişik Tuzluluk Düzeylerindeki Sulama Sularının Toprak Tuzlulaşmasına Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 14, 555-561.